

Aufgaben zum Tutorium 3

"Elektronische Schaltungen"

SS 2017

Aufgabe 12

Gegeben ist ein CMOS – Verstärker nach Bild 12.1. Die Spannungsquelle liefert ein sinusförmiges Signal mit $u_g = 30 \text{ mV}$ Effektivwert. Der Innenwiderstand der Quelle ist $R_g = 1 \text{ M}\Omega$. Die Transistoren haben folgende Daten:

$U_{thn} = 2 \text{ V}$, $U_{thp} = -2 \text{ V}$, $\beta_n = \beta_p = 1 \text{ mA/V}^2$, $I_n = I_p = 1 \mu\text{m}$, $w_n = 5 \mu\text{m}$, $\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $\epsilon_{ox} = 4,6$ (4,52), $t_{ox} = 20 \text{ nm}$ (24nm); $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$. Die Early-Spannung der beiden Transistoren ist $|U_A| = 400 \text{ V}$. Die Werte der Widerstände sind $R = 10 \text{ M}\Omega$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$. Die Versorgungsspannung ist $U_b = 12 \text{ V}$.

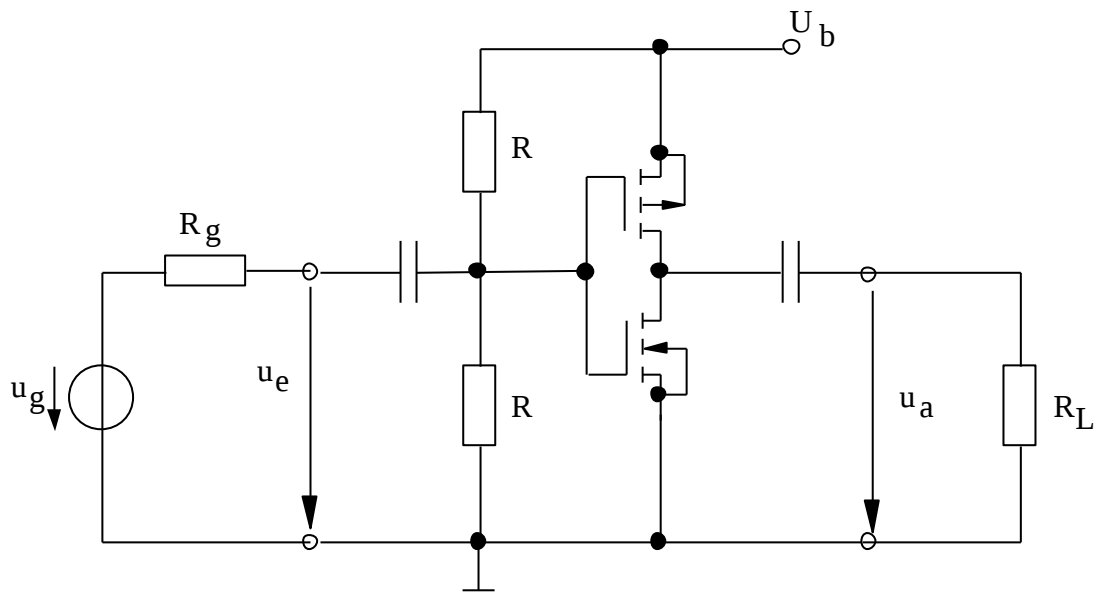


Bild 12.1

- 12.1 Bestimmen Sie für den Arbeitspunkt der Schaltung folgende Größen: U_{DS} , U_{GS} , I_D
- 12.2 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_{ein} und die Eingangsspannung u_e der Schaltung !
- 12.3 Berechnen sie die Steilheit S und die Spannungsverstärkung A der Schaltung im Arbeitspunkt !
- 12.4 Berechnen Sie folgenden Kapazitäten: C_{GSn} , C_{GSp} und C_{ein} der CMOS - Schaltung !
- 12.5 Die Signalfrequenz der Quelle ist $f = 20 \text{ kHz}$. Berechnen Sie den kapazitiven Blindeingangswiderstand X_C der CMOS - Schaltung für diese Frequenz!

Aufgabe 13

Gegeben sei die Schaltung mit einem n-Kanal Sperrschicht-FET nach Bild 13.1. Der Innenwiderstand R_g der Spannungsquelle beträgt $10\text{k}\Omega$. Der Eingangsstrom des Transistors sei vernachlässigbar klein. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden.

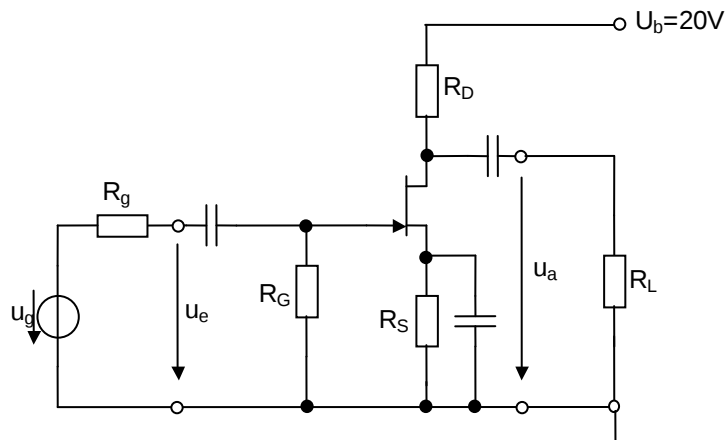


Bild 13.1

Der Transistor hat ein Kennlinienfeld nach Bild 13.2

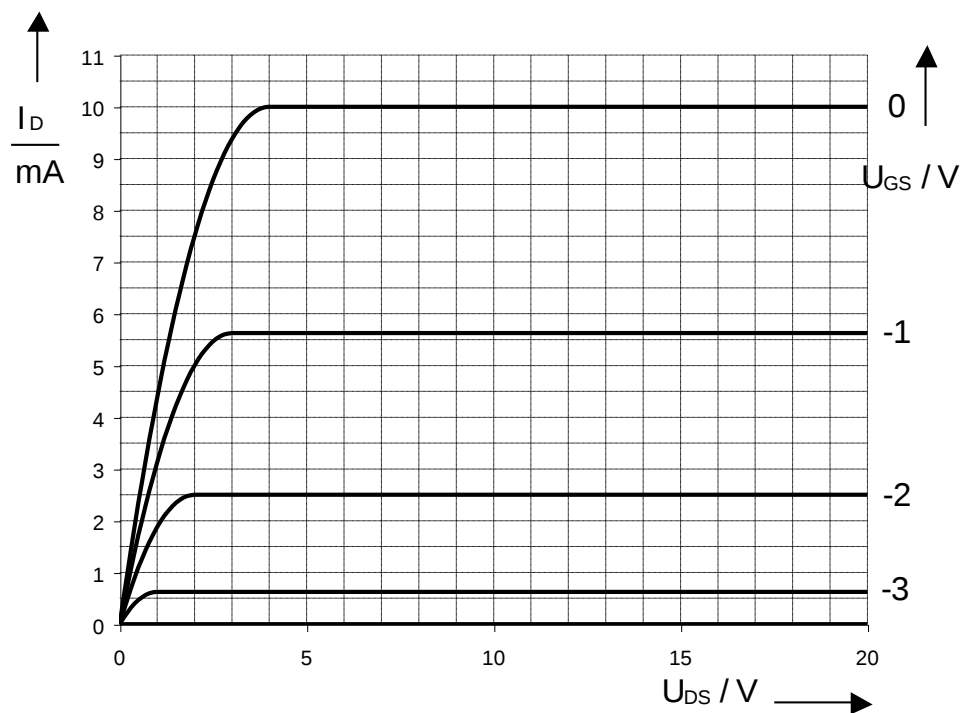


Bild 13.2

- 13.1 In welcher Grundschaltung wird der JFET betrieben?
- 13.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 13.1 !
- 13.3 Lesen Sie aus dem Kennlinienfeld den Drainstrom I_{D0} ab !
- 13.4 Der Transistor soll bei $U_{GS} = -2\text{V}$ betrieben werden. Berechnen Sie den Wert des dazu erforderlichen Widerstands R_S ! ($I_D = 2,5\text{ mA}$)
- 13.5 $R_D = 3,6\text{ k}\Omega$. Tragen Sie die Lastgerade in das Kennlinienfeld ein und markieren Sie den Arbeitspunkt! Berechnen Sie die Drain-Source Spannung im Arbeitspunkt!

- 13.6 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 13.1 !
- 13.7 Berechnen Sie den Eingangswiderstand der Schaltung wenn $R_G = 820 \text{ k}\Omega$ ist !
- 13.8 Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld graphisch die Schwellspannung U_{th} des Transistors und tragen Sie die Konstruktion in Bild 13.3 ein !
(siehe Skript S. 63, bitte zuerst die Achsen beschriften)

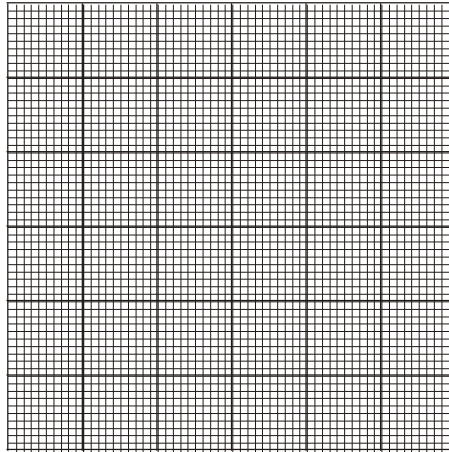


Bild 13.3

- 13.9 Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt und die Spannungsverstärkung A der Schaltung, wenn $R_L = 10 \text{ M}\Omega$ ist !
- 13.10 Tragen Sie die Lastgerade für den Betrieb mit Wechselspannungen für die angegebenen Widerstandswerte ($R_D = 3,6 \text{ k}\Omega$, $R_L = 10 \text{ M}\Omega$ in das Kennlinienfeld ein!

Aufgabe 14

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung mit einem selbstleitenden n-Kanal MOSFET nach Bild 14.1. Für den Transistor sind folgende Werte im Datenblatt angegeben: $U_{th} = -1,5 \text{ V}$, $I_{D0} = 5 \text{ mA}$.

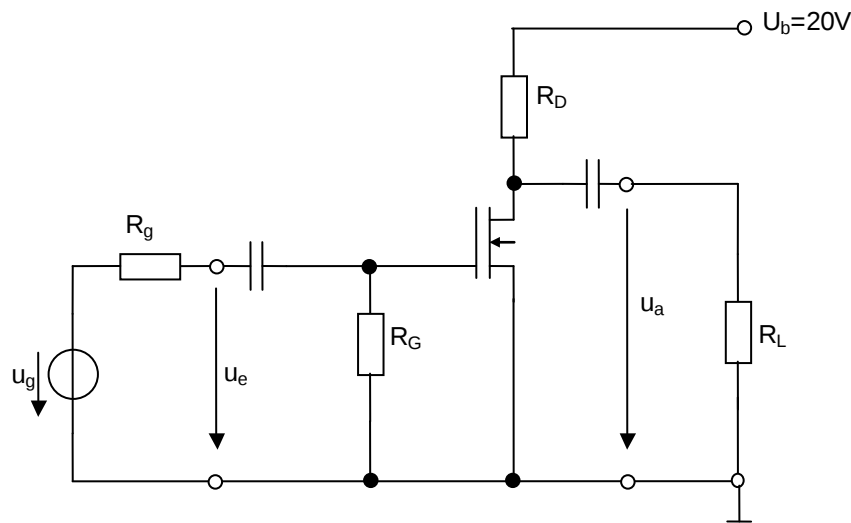


Bild 14.1

- 14.1 In welcher Grundschialtung wird der MOSFET betrieben?
- 14.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 14.1 !
- 14.3 Bei einer punktwisen Aufnahme der Kennlinie wird bei einer angelegten Gate-Source-Spannung $U_{GS} = 2 \text{ V}$ eine Drain-Source-Spannung $U_{DS} = 2 \text{ V}$ gemessen. In welchem Bereich des Kennlinienfeldes (linear oder Sättigung) befindet sich der gemessene Punkt ? Berechnen Sie den zu diesem Punkt gehörigen Drainstrom I_D !
- 14.4 Die Schaltung soll bei $U_{GS} = 0 \text{ V}$ betrieben werden. Welchen Wert muss R_D annehmen, damit der Arbeitspunkt der Schaltung bei der Hälfte der Versorgungsspannung liegt ?
- 14.5 Berechnen Sie die Steilheit S im Arbeitspunkt.
- 14.6 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 14.1
- 14.7 Die Signalquelle hat eine Leerlaufspannung $u_g = \pm 0,1 \text{ V}$ und einen Innenwiderstand $R_g = 510 \text{ k}\Omega$. Welchen Wert muss der Widerstand R_G annehmen, damit die Eingangsspannung u_e im Bereich $u_e = \pm 0,05 \text{ V}$ liegt ?
- 14.8 Die Schaltung soll eine Mindestspannungsverstärkung $A_{min} = 10$ nicht unterschreiten. Welchen Wert darf der Lastwiderstand R_L minimal annehmen, damit die geforderte Bedingung eingehalten wird !
- 14.9 Die Schaltung in Bild 14.1 soll durch Hinzufügen eines Bauelements so verändert werden, dass der Arbeitspunkt der Schaltung bei $U_{GS} = -0,5 \text{ V}$ liegt.
 - Wie kann das erreicht werden?
 - Berechnen sie den Drainstrom und die Drain-Source-Spannung für den neuen Arbeitspunkt.
 - Welches Bauelement muss verändert werden, damit der Arbeitspunkt wieder bei $U_{DS} = 10 \text{ V}$ liegt
 - Berechnen Sie die Verstärkung der so veränderten Schaltung ($R_L = \text{Wert aus 14.8}$)

Aufgabe 15 (optional)

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Bild 15. Die Stromverstärkung der Transistoren ist $B = \beta = 100$. Die Basis-Emitter-Spannung der beiden Transistoren ist $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$. Werte: $R_{C1} = 100 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 12 \text{ k}\Omega$, $R_B = 330 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1,8 \text{ k}\Omega$, und $U_b = 12 \text{ V}$.

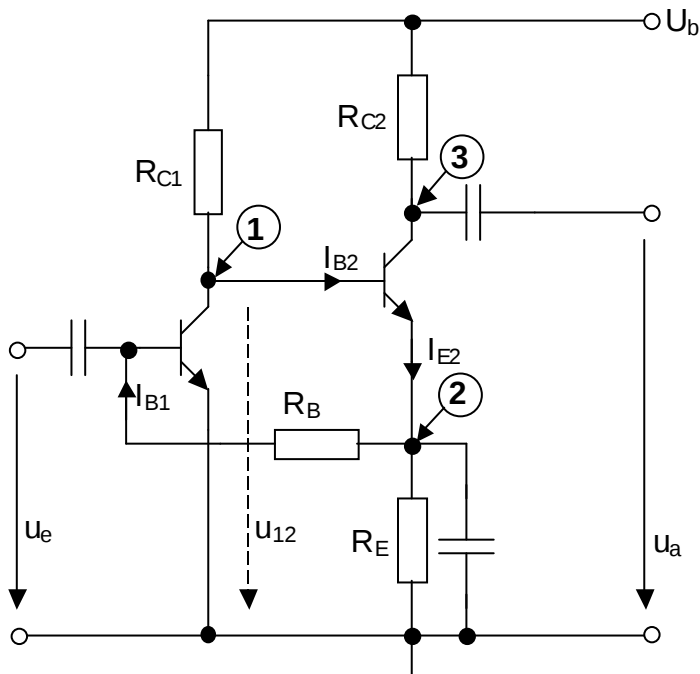


Bild 15

- 15.1 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der gesamten Schaltung!
- 15.2 Berechnen Sie die Gleichspannungen an den Punkten 1, 2 und 3 !
- 15.3 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der gesamten Schaltung!
- 15.4 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 15.5 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a der Schaltung !
- 15.6 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung $A = u_a / u_e$ der Schaltung !

Aufgabe 16 (optional)

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Bild 16.1.

Die Widerstände haben die Werte: $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_{C1} = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_{E1} = 1,0 \text{ k}\Omega$, $R_{C2} = 1 \text{ k}\Omega$, $R_{E2} = 2 \text{ k}\Omega$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$. Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden. Der Stromverstärkungsfaktor der beiden Transistoren ist $B = \beta = 400$.

(Annahme: $U_{BE1} = U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$, $I_Q \gg I_{B1}$, $I_{C1} \approx I_{E1}$, $I_{B2} \ll I_{C1}$, $I_{C2} \approx I_{E2}$, $r_{CE1}, r_{CE2} \rightarrow \infty$, $U_T = 26 \text{ mV}$)

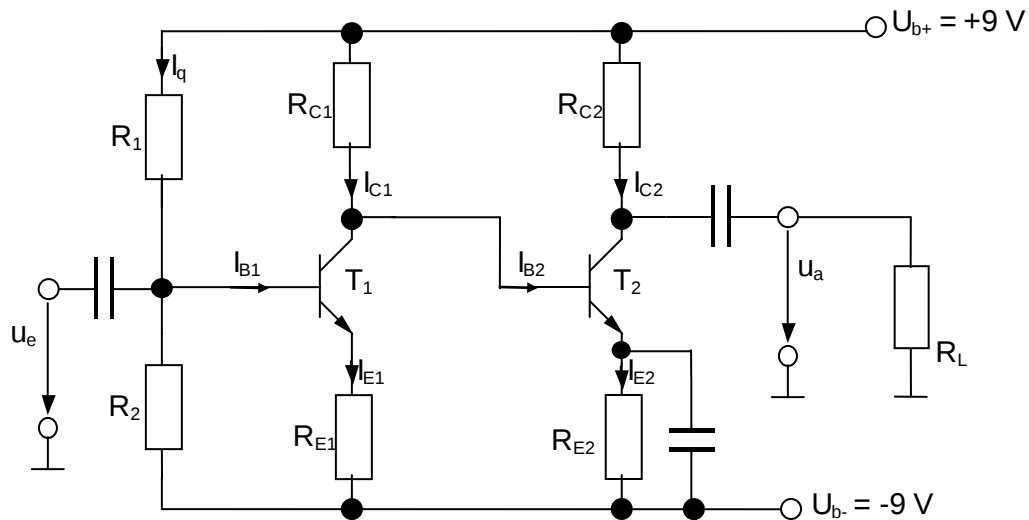


Bild 16.1

- 16.1 In welchen Grundsaltungen werden die Transistoren betrieben?
- 16.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 16.1
- 16.3 Berechnen Sie den Arbeitspunkt (I_{C1} und U_{CE1}) und die Steilheit S_1 für Transistor 1
- 16.4 Berechnen Sie den Arbeitspunkt (I_{C2} und U_{CE2}) und die Steilheit S_2 für Transistor 2
- 16.5 Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 16.1
- 16.6 Berechnen Sie den Eingangswiderstand der 2. Verstärkerstufe r_{e2} .
- 16.7 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand 2. Verstärkerstufe r_{a2} .
- 16.8 Berechnen Sie die Gesamt-Spannungsverstärkung A_v der Schaltung in Bild 16.1!

Aufgabe 17

Untersucht werden soll eine Verstärkerschaltung bestehend aus einem JFET und Widerständen. Verwendet werden soll der BF545A (siehe Datenblatt, Bild 17.2). $R_G = 250\text{k}\Omega$.

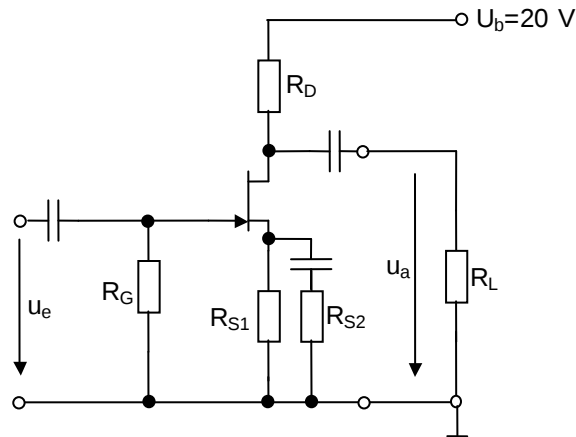


Bild 17.1

17.1 In welcher Grundschialtung wird der Verstärker in Bild 17.1 betrieben?

17.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild!

17.3 Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild!

17.4 Berechnen Sie den maximal zulässigen Strom, den das Bauteil laut Datenblatt bei 25°C verträgt bevor es wegen Überhitzung kaputt geht. Nehmen Sie dabei den schlimmsten Fall an (die gesamte Versorgungsspannung liegt am Transistor an).

17.5 Zwischen Gate und Source liegt bei einem JFET eine Diode. Wird diese in der Schaltung nach Bild 17.1 in Durchlassrichtung oder in Sperrrichtung betrieben?

Welcher Strom fließt nun laut Datenblatt maximal in das Gate des Transistors?

17.6 Wie groß ist der maximale Strom I_D , den der Transistor laut Datenblatt bei typischer Ansteuerung treiben kann.

17.7 Welche Funktion hat R_G ?

17.8 Könnte man diese Schaltung auch als Grundschialtung ohne Stromgegenkopplung betreiben? Begründen Sie!

17.9 Wie groß ist U_{th} laut Datenblatt (maximale Angabe)?

N-channel silicon junction field-effect transistors

BF545A; BF545B; BF545C

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DS}	drain-source voltage		–	± 30	V
V_{GSO}	gate-source voltage	open drain	–	– 30	V
V_{GDO}	gate-drain voltage (DC)	open source	–	– 30	V
I_G	forward gate current (DC)		–	10	mA
P_{tot}	total power dissipation	up to $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	–	250	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	150	$^\circ\text{C}$
T_j	operating junction temperature		–	150	$^\circ\text{C}$

STATIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$V_{(BR)GSS}$	gate-source breakdown voltage	$I_G = -1\mu\text{A}$; $V_{DS} = 0$	–30	–	–	V
V_{GSoff}	gate-source cut-off voltage BF545A BF545B BF545C	$I_D = 200\mu\text{A}$; $V_{DS} = 15\text{ V}$	–0.4	–	–2.2	V
			–1.6	–	–3.8	V
			–3.2	–	–7.8	V
		$I_D = 1\mu\text{A}$; $V_{DS} = 15\text{ V}$	–0.4	–	–7.5	V
I_{DSS}	drain current BF545A BF545B BF545C	$V_{GS} = 0$; $V_{DS} = 15\text{ V}$	2	–	6.5	mA
			6	–	15	mA
			12	–	25	mA
I_{GSS}	gate leakage current	$V_{GS} = -20\text{ V}$; $V_{DS} = 0$	–	–0.5	–1000	pA
$ y_{fs} $	forward transfer admittance	$V_{GS} = 0$; $V_{DS} = 15\text{ V}$	3	–	6.5	mS
$ y_{os} $	common source output admittance	$V_{GS} = 0$; $V_{DS} = 15\text{ V}$	–	40	– S	μ

Bild 17.2

Lösungen zum Tutorium 3 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 17